DIE

PHONOLITHE DES HEGAU'S

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

IHRER

CHEMISCHEN CONSTITUTION.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGLICHEN JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

BEHUFS

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

G. FR. FÖHR

AUS STUTTGART.

WÜRZBURG.

DRUCK & VERLAG DER STAHEL'SCHEN UNIVERS.-BUCH- & KUNSTHANDLUNG.

1883.

DIE

PHONOLITHE DES HEGAU'S

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

IHRER

CHEMISCHEN CONSTITUTION.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGLICHEN JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

BEHUFS

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

G. FR. FÖHR

AUS STUTTGART.

WÜRZBURG.

DRUCK UND VERLAG DER STAHEL'SCHEN UNIVERSITÄTS-BUCH- & KUNSTHANDLUNG

1883.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549819_0303

Bei der chemischen Untersuchung von Phonolithen auf seltenere Elemente wurde ich auf die interessanten Gesteine des Hegau's aufmerksam. So oft dieses classische Vorkommen auch schon geognostisch untersucht und beschrieben wurde, so ist es doch mit einziger Ausnahme des Hohentwiels, nie einer eingehenderen chemischen Analyse unterworfen worden.

Da sich bei letzterer manche interessante Daten erwarten liessen, so beschäftigte ich mich seit Frühjahr 1881 mit diesen Gesteinen.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen sind in folgenden Zeilen niedergelegt.

Ueber die geognostischen Verhältnisse der Hegauer Phonolithe ist nur wenig vorauszuschicken, da dieselben bereits durch *Fischer* [1]), *v. Fritsch* [2]), *Fraas* [3]), *Schalch* [4]), *Vogelsang* [5]) u. a. eingehender behandelt worden sind.

Im Norden des hier den Bodensee verlassenden Rheines erstreckt sich eine weite Bucht, die im Westen und Norden von der schwäbischen Jurakette eingeschlossen wird. Dieses schöne und reiche Gebiet, welches im Osten und Südosten in der Stockach und dem Ober- und Zeller See seine natürliche Begrenzung findet, heisst das Hegau. Im Süden wird es vom Rheine bis zu seinem

---

1) Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd. II. 1862. Nr. 26 u. 27.

2) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1865 S. 651 ff.

3) Erläuterungen zum Blatt Hohentwiel der geolog. Karte von Württemberg.

4) Verhandl. der schweiz. naturf. Gesellsch. zu Schaffhausen. 1873. S. 287 ff.

5) Ueber die natürlichen Ultramarin-Verbindungen. Bonn 1874 S. 25 ff.

Knie bei Schaffhausen abgeschlossen. Die ganze Bucht erscheint wie eine einzige gewaltige Versenkung des schwäbischen Jurazuges.

Aus der durch miocäne Schichten und vulkanische Tufflager flachwellig profilirten Thalsohle erheben sich mehrere Ketten der imposantesten Basalt- und Phonolithkegel.

Beide Gesteine treten, wie an so vielen anderen Fundorten, eng mit einander verbunden auf. Dabei scheint der Phonolith auch hier, wie öfter, das jüngere zu sein.

Fast alle bedeutenderen Kegel sind auf parallelen Ausbruchsspalten angeordnet, die von Nord nach Süd streichen. Den Mittelpunkt der vulkanischen Thätigkeit bildete zweifelsohne die fast 20 Kilometer lange Eruptionsspalte, welche sich in der Richtung von Riedheim gegen Welschingen zu erstreckt (NS). Auf ihr liegen die vier Basaltkuppen: Pfaffwiesen, Hohenstoffeln, Hohenheven (848 m die höchste Erhebung des ganzen Hegaus), Hevenegg. Oestlich und westlich von dieser Hauptspalte und parallel mit ihr ist je noch eine Ausbruchsspalte nachzuweisen.

Diese Basaltkegelreihen gehören der Osthälfte des Hegau's an. Westlich von ihnen liegen die zwei, ebenfalls in nordsüdlicher Richtung streichenden Ausbruchsspalten der Phonolithberge: Rosenegg, Hohentwiel, Hohenkrähen ist die westlichste Reihe, mit ihr parallel streicht die Spalte, auf der die Zwillingskuppen Gennersbohl-Staufen und Mägdeberg-Schwintel liegen. Nach Süden verlängert trifft diese Linie auf den Phonolithtuffhügel von Schoren (Katzenthal).

Die Phonolithberge sind zum Theil mit einem Mantel von vulkanischen Tuffen umgeben, aus dem sie durch Erosion mehr oder minder entblösst wurden. Der Tuff ist zweifelsohne die ehemalige vulkanische Asche der Eruptionskegel. Es ist anzunehmen, dass auch in den Tuffhügeln Rosenegg und Schoren ein Phonolithkern verborgen liegt, der durch Erosion noch nicht freigelegt wurde. Für diese Annahme spricht vor Allem das Vorkommen des Phonoliths am Gennersbohl, wo derselbe, ganz von Tuffmassen verdeckt, seine Auffindung nur einer künstlichen Entblössung bei Anlage einer Strasse verdankt.

Im Ganzen findet sich der Phonolith im Hegau an folgenden sechs Punkten anstehend: Hohentwiel, Hohenkrähen, Gennersbohl, Staufen, Schwintel und Mägdeberg.

Die Gesteine von allen diesen Fundorten unterscheiden sich schon auf den ersten Blick von einander. Sie sollen im Folgenden näher untersucht und beschrieben werden, da mit einziger Ausnahme des Hohentwiels[1]) eine chemische Charakteristik der Hegau-Phonolithe nicht vorliegt.

Der bekannteste von allen diesen Bergen ist der

Hohentwiel,

welcher sich als höchste Kuppe unter den Phonolithen des Hegaus 692 m ü. d. M. erhebt. Auf der Ost-, Nord- und Südseite ist sein Fuss in einem vorgelagerten Hügel von Phonolithschutt versteckt. Im Westen erhebt sich das Massiv des Berges etwa 120 m hoch aus einem Tuffhügel, der sich weiter gegen Süden verbreitert. Der Berg selbst ist von glockenförmiger Gestalt und fällt nach drei Seiten steil ab, namentlich wird seine südliche und östliche Parthie von unersteiglichen, fast senkrechten Felswänden begrenzt. Der ganze Berg war jedenfalls ursprünglich in einen Tuffmantel eingehüllt, der nun an der Ostseite gegen das Städtchen Singen zu, durch Erosion fortgeführt erscheint.

Die ganze Gesteinsmasse ist durch zahlreiche, im Nordwesten des Berges gewöhnlich mit Natrolith gefüllte, Klüfte, zerspalten, die sich zwar nach allen Richtungen hinziehen, im Grossen und Ganzen aber radial nach dem Centrum des Berges hinzuweisen scheinen. Diese Erscheinung, sowie das Auftreten von schalenförmigen Absonderungen sind vielleicht bei dem Erstarrungsprocess des feuerflüssigen Magmas entstanden.

Das Gestein zeigt frisch eine schwarzgraue bis schwärzlichblaue Farbe, welche durch die Verwitterung nach und nach lichter wird. Sie geht allmählig durch lichtgrau in rehbraun über. Diese letztere Farbe zeigt gewöhnlich das Gestein in der Nähe der Natrolithspalten. Die ganze Farbenwandlung hängt hauptsächlich mit der Zersetzung des Hauyn's zusammen, welcher durch seine blauen oder grünen Varietäten den bläulich- bis grünlichschwarzen Farbenton des ganzen Gesteines im frischen Zustande bedingt. Seine leichte Angreifbarkeit durch die Atmosphärilien und die auf Haarspalten circulirenden kohlensäurehaltigen Wässer, welche

[1]) *Jacob Bernath*, Beitrag zur Kenntniss des Noseanphonoliths vom Hohentwiel i. Hegau. Inaug.-Dissert. Bern 1877.

ihn mehr oder minder vollständig zu Natrolith und einem Steinmark ähnlichen Mineral zersetzen, ist die Ursache der oben beschriebenen Farbenveränderung. Uebrigens werden auch andere Gemengtheile des Phonoliths, wie z. B. Nephelin in Natrolith umgesetzt.

Das Hohentwieler Gestein ist in frischem Zustande von flach splittrigem Bruche, an einzelnen Handstücken lässt sich deutlich schiefrige Structur erkennen. Vor dem Löthrohre schmilzt es ziemlich schwierig zur trüben emailartigen Glasperle, im Kölbchen gibt es Wasser ab, das manchmal auf Fernambukpapier bleichend einwirkt (Fluor).

In einer anscheinend dichten an den Kanten durchscheinenden Grundmasse liegen bei dem frischen Gestein einzelne wasserhelle Lamellen von Sanidin eingebettet und neben ihnen häufiger graublaue, lichtblaue bis dunkelblaue und grüne Hauyne, oft mehrere Millimeter gross. Neben ihnen treten die schmalen oft centimeterlangen Krystallnädelchen von schwarzer Hornblende ganz zurück. Dass das betreffende Mineral wirklich Hornblende ist, dafür spricht die hie und da zu beobachtende Spaltbarkeit. Merkwürdiger Weise sind die Krystalle unter dem Mikroscop kaum merklich pleochroitisch. Neben diesen Hornblenden scheinen auch eingesprengte Augitindividuen, wenn auch untergeordnet, vorzukommen. Für Augit spricht ausser dem stark entwickelten muschligen Bruch der Mangel vollkommener Spaltbarkeit, sowie die mehr gelbgrüne Farbe u. d. M. Doch zeigen sich solche Krystalle oft stark pleochroitisch, im Gegensatz zu den oben erwähnten Hornblenden. Seltener sind Einsprenglinge von gelbem Titanit.

Unter dem Mikroscop zeigt sich eine feinkörnige Grundmasse, in der Sanidin, Hauyn, Hornblende und Augit porphyrisch eingewachsen sind. Die Sanidine sind meist einfache Krystalle, ausser den Zwillingen nach dem Karlsbader Gesetze finden sich noch ganz vereinzelt solche nach dem Bavenoer. Die grösseren Sanidine sind meist sehr reich an Einschlüssen (Apatit, Nephelin, einmal auch Titanit beobachtet). Nächst dem Sanidin gehört der Hauyn zu den hervorragend betheiligten porphyrischen Interpositionen. Er ist — wenn frisch — meist schön blau oder grün gefärbt und zeigt die bekannten Structurverhältnisse. Nach der Sauer'schen Methode mit Salzsäure behandelt liefert er zahlreiche Gypskryställchen, ein Beweis seines hohen Kalkgehaltes. Der

Hauyn ist vorwiegerd in grösseren Krystallen vorhanden und nimmt nur untergeordnet an der Grundmasse theil.

Als dritter characteristischer porphyrisch ausgebildeter Gemengtheil treten die Hornblende und der Augit auf, die gerade hier sehr schwer zu trennen sind, da — wie schon *Rosenbusch* [1]) angibt — in ganz abnormer Weise die Hornblenden vorwiegend saftgrün und wenig pleochroitisch, die Augite mehr gelbgrün bis bräunlich und sehr stark pleochroitisch sind. Doch sprechen in sehr vielen Querschnitten die scharf gezeichneten gerade verlaufenden Spalten und Risse für Hornblende und anderseits die undeutlichen Spaltungslinien für Augite.

Die Grundmasse ist vorwiegend aus Sanidin, Nephelin und Augit (Hornblende?) zusammengesetzt. Ziemlich häufig ist auch der Magnetit, dagegen kommt Titanit nur sporadisch vor.

Manche frische Gesteinsvarietäten geben bei hundertmaliger Vergrösserung mit ihrer hellbräunlichen Grundmasse, auf der sich die wasserhellen Sanidine, die lebhaft grünen oft strauch- und blumenkohlartigen Hornblenden neben den meist dunkleren Augiten und den tief grünen und dunkelblauen Hauynen in scharfen Conturen abheben, ein prächtiges Bild [2]).

Das spec. Gewicht des frischen Gesteines beträgt 2,513 (nach *J. Bernath* 2,54), seine Härte ca. 6. In Folge der Verwitterung fällt das spec. Gewicht auf 2,41, die Härte auf ca. 5.

Sämmtliche Hegauer Phonolithe zeichnen sich durch ihr verhältnissmässig geringes spec. Gewicht aus, die Zahlen sind sämmtlich niedriger, als der von *J. Roth* für die Phonolithe angenommene Minimalwerth 2,56. Dieses Verhalten erklärt sich vielleicht aus dem Reichthum der Gesteine an Hauyn (spec. Gew. 2,2—2,3), jedenfalls vermindert auch der gewöhnlich ziemlich hohe Wassergehalt das Eigengewicht des Gesteines.

Im Folgenden ist eine Analyse des Hohentwieler Phonolithes mitgetheilt, die recht gut mit der von *J. Bernath*, weniger gut aber mit den von *Pennema*, *Hooze* und *De Jongh* [3]) ausgeführten übereinstimmt.

---

[1]) Mikroscopische Physiographie II. S. 222.

[2]) S. *Vogelsang* a. a. O. Taf. III.

[3]) S. *Vogelsang* a. a. O. S. 27 u. 29. Die Analysen sind offenbar mit stärker verwittertem Materiale angestellt; die Alkalibestimmungen dürften unrichtig sein.

Phonolith vom Hohentwiel.

	a. *Föhr* Lösl. 54,8, Unlös. 45,2	b. *Bernath* Lösl. 55,9, Unl. 44,1	c. *Pennema* Lösl. u. Unl. nicht best.	d. *Hooze* Lösl. u. Unl. nicht best.	e. *de Jongh* Lösl. 60,42, Unl. 39,58
SiO_2	55,01	55,214	54,04	55,83	51,79
Al_2O_3 . . .	21,67	21,782	22,49	21,25	21,36
TiO_2, ZrO_2 .	0,27	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
Ce_2O_3, Y_2O_3 .	Spur	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Cu (Pb, Sn, Sb, As)	0,12	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Mn (Ni Zn) O .	0,22	desgl.	0,60	0,64	desgl.
Fe_2O_3 . . .	1,95	2,061	2,34	2,37	2,36
Fe O	1,86	2,006			
Ca O	2,12	2,097	1,75	0,86	2,58
Mg O	0,13	0,127	0,11	0,13	0,25
Na_2O	9,78	10,637	8,87	10,03	9,10
K_2O	3,54	3,475	6,98	6,60	7,47
Li_2O	Spur	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
Cl	0,08	0,074	Spur	0,39	Spur
Fl	Spur	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
SO_3	0,41	0,456	0,62	0,85	0,96
P_2O_5	0,08	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
H_2O	2,17	2,069	2,47	2,26	4,31
	99,41	99,998	100,27	101,21	101,18

Die Sauerstoffmenge beträgt von

Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Natron, Kali 4,25
Eisenoxyd, Thonerde 10,71
Kieselsäure, Titansäure 29,42

somit der Sauerstoffquotient $\frac{4,25 + 10,71}{29,42} = 0,509$

J. Bernath hat in der citirten Arbeit noch eine Analyse von verwittertem Gestein veröffentlicht, die wir der Vollständigkeit halber hier mittheilen.

Die Sauerstoffmengen betragen bei:

Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Natron, Kali 4,20
Eisenoxyd, Thonerde 10,05
Kieselsäure 29,78

somit der Sauerstoffquotient $\frac{4,20 + 10,05}{29,78} = 0,479$

In Säure unlöslich 61 %.

Hellfarbiger Phonolith, verwittert.

$Si O_2$	55,54
$Al_2 O_3$	19,87
$Fe_2 O_3$	2 58
$Fe O$	1.55
$Mg O$	1,81
$Na_2 O$	8,06
$K_2 O$	6,23
$H_2 O$	3.87
CO_2	Spur
	99.81

Das Material zu dieser Analyse stammt vom Nordfusse des Berges, hinter dem sogenannten „Soldatenkirchhof“ und zwar aus der unmittelbaren Nähe der dort vorkommenden gelben Natrolithadern. Von derselben Stelle rührt das Material einer älteren Analyse von *Chr. G. Gmelin* her. Der lösliche Theil ist nach ihm zusammengesetzt aus:

$Si O_2$	40.28	
$Al_2 O_3$	23,70	
$Fe_2 O_3$	2.49	
$Fe O$	1,31 *	
$Ca O$	7.03!	(— Mg O ?)
$K_2 O$, $Na_2 O$	8,67	
$H_2 O$	15,75	
	99,98	

Die mit * bezeichnete Eisenoxydulbestimmung wurde vom Verfasser ausgeführt, um den Sauerstoffquotienten feststellen zu können.

Der hohe Kalkgehalt überrascht, wenn man die Analyse *Bernath*'s vergleicht, wo der Kalk gänzlich fehlt. Uebrigens besitzen sämmtliche von mir untersuchte Stufen des betreffenden Fundpunktes einen mehr oder minder bedeutenden Kalkgehalt.

Der Sauerstoffgehalt ist bei

Eisenoxydul, Kalk, Natron, Kali	5,18
Eisenoxyd, Thonerde	11,82
Kieselsäure	21.46

somit der Sauerstoffquotient $\frac{5{,}18 + 11{,}82}{21{,}46} = 0{,}791.$

Im Allgemeinen weicht das Hohentwieler Gestein nicht bedeutend von der mittleren Zusammensetzung des Phonoliths ab. Der verhältnissmässig niedrige Gehalt an Kieselsäure und der entsprechend höhere an Thonerde spricht dafür, dass Hauyn und Nephelin zusammen dem Sanidin so ziemlich das Gleichgewicht halten. Zu derselben Folgerung führt das starke Ueberwiegen von Natron über Kali.

Neu ist der Nachweis von Fluor. Der Gehalt daran gibt sich schon beim starken Erhitzen im Glasrohr durch das Bleichen von Fernambukpapier kund. Jedenfalls gehört dieses Fluor nicht dem Apatite an — dessen Vorhandensein übrigens schon die Bestimmung der Phosphorsäure nachweist —, denn Apatit gibt beim blossen Glühen kein Fluor ab (auch reiner Fluorapatit nicht) Sehr wahrscheinlich gehört dieses Fluor vielmehr den Hornblenden an. Der durch längeres starkes Glühen von diesem Fluorgehalte vollständig befreite Phonolith (Nachweis mit Fernambukpapier) entwickelt bei seiner Aufschliessung mit Phosphorsalz neue Mengen von Fluor, welches höchst wahrscheinlich dem Apatit angehört, denn letzterer entwickelt, wie erwähnt, erst mit Phosphorsalz behandelt Fluor.

Wie neuerdings in vielen Basalten und ähnlichen Gesteinen, so wurden auch in dem Hohentwieler Phonolith erhebliche Spuren von Schwermetallen nachgewiesen. Die oben in Klammern gesetzten treten quantitativ gegen die andern zurück. Sie finden sich sowohl im löslichen (untergeordnet) als auch in unlöslichen Theile (Hauptmenge), lassen sich jedoch aus letzterem durch langes Digeriren in der Wärme mit Königswasser noch grösstentheils extrahiren. Diese Metalle dürften wahrscheinlicher Weise als Silicate (in der Hornblende?) vorhanden sein.

Von Interesse ist der Nachweis seltener Erden. Dieselben könnten z. Th. als Bestandtheile des sporadisch vorkommenden Titanits aufgefasst werden. Doch sprechen geologische Gründe, namentlich die Analogie mit den Zirkonsyeniten, für ihr Auftreten als selbstständige Mineralien in Mikrolithenform.

Die seltenen Erden wurden gemengt mit Titansäure als Oxalate abgeschieden. Nächst ihrem Verhalten gegenüber einer Lösung von schwefelsaurem Kali (Zr, Ce wurden gefällt, Y blieb in Lösung) wurde für Cer die *Poppe*'sche Reaction mit Salpetersäure und Bleipermanganat, für Zirkonerde die Bräunung von Curcumapapier in schwach schwefelsaurer, mit Zink hinlänglich

behandelter Lösung, für Yttrium der Niederschlag mit Fluorwasserstoffsäure aus schwefelsaurer Lösung als entscheidend betrachtet. Näheres über die angewandten Methoden siehe weiter unten. Das Vorhandensein von Tantal ist als wahrscheinlich anzunehmen, doch waren die betreffenden Reactionen bei der Schwierigkeit, Tantal neben vorherrschendem Titan nachzuweisen, nicht überzeugend genug.

Das wichtigste aller Zersetzungsmineralien des Hohentwieler Phonoliths ist der bekannte gelbe Natrolith (Hegauit Selb 1803). Das specifische Gewicht wurde im Mittel aus 4 Bestimmungen 2,171 gefunden. Eine Analyse ergab:

SiO_2	47'69
Al_2O_3	25,65
Fe_2O_3	1,86
CaO	0,64
Na_2O	14,76
Cu, Sn (Sb, Pb) .	0,18
Mn, Ni (Zn, Co) .	0,056
SO_3	0,89
H_2O	8,82
Organ. Subst. . .	Spur
	100,496

Das Mineral enthält fast stets eine Spur von Bitumen. Beim Erhitzen im geschlossenen Glasrohre gibt es Wasser ab, wird zuerst dunkel, dann rosa bis ziegelroth. Die vorübergehende dunklere Färbung rührt nun — wie schon der empyreumatische Geruch verräth — von organischer Substanz her, während die Farbenwandlung von Gelb in Roth (unter Wasserabgabe) hiedurch nicht begründet werden kann, da das resultirende Roth durch die stärkste Glühhitze nicht zerstört wird. Es ist demnach sicher, dass Eisenoxyd das Pigment abgibt. Die nicht häufigen Krystalle in den Drusen erscheinen dagegen farblos oder rein weiss und sind eisenfrei. Und zwar ist Eisenoxyd jedenfalls mechanisch als Hydrat in der Masse des Natroliths vorhanden und bedingt so die isabellgelbe Farbe desselben. Durch Glühen wird es unter Abgabe seines Wassers zu Eisenoxyd umgewandelt und färbt nun als solches den Natrolith rosa bis ziegelroth, je nach seiner feineren oder gröberen Vertheilung. Auch das Mikroscop spricht für diese Annahme. Dünnschliffe von gelbem Natrolith zeigen vor dem Glühen heller oder dunkler gefärbte Wolken, die

— ganz wie die künstlichen Eisenoxydhydratniederschläge — ungeachtet ihrer lichten Farbe sehr wenig durchscheinen. Dieselben lösen sich leicht in Salzsäure. Die Lösung gibt mit Ferrocyankalium und Rhodankalium die bekannten Eisenreactionen. Im geglühten Dünnschliffe sind an Stelle dieser Wolken kleine unregelmässige schwarze und rothbraune Schüppchen und Pünktchen getreten, die sich in Salzsäure schwer lösen und jedenfalls aus Eisenoxyd bestehen.

Das Eisen ist also keineswegs, wie immer angenommen worden, als Vertreter von Thonerde, sondern als Oxydhydrat vorhanden.

Ebenso nahm man häufig an, der in so vielen Natrolithen nachgewiesene Kalk sei, so unwahrscheinlich auch diese Erklärung war, Vertreter von Natron. Ich fand aber in allen von mir untersuchten kalkhaltigen Natrolithen (so z. B. auch in dem von Aussig) Schwefelsäure und zwar an den Kalk gebunden, denn mit viel Wasser liess sich aus dem Mineralpulver Gyps ausziehen. Ich bemerke noch besonders, dass das Untersuchungsmaterial zuvor unter dem Miskroscop (ganz schwache Vergrösserung) geprüft und nur ganz homogene gleichartige Stückchen zur Analyse verwandt wurden. Auch das betreffende Mineralpulver erwies sich u. d. M. als durchaus homogen. Die Analyse zeigt einen ziemlich niedrigeren Natrongehalt als früher veröffentlichte, doch haben jene Analytiker den Kalk übersehen und jedenfalls als Chlorcalcium oder Calciumsulfat mit dem Chlornatrium gewogen.

Auch hier finden wir wieder die schon im Phonolith nachgewiesenen Schwermetalle.

Die Analyse des Hohentwieler Natroliths wird demnach besser folgendermassen zu interpretiren sein:

Natrolith	SiO_2	47,69
	Al_2O_3	25.65
	Na_2O	14,76
	H_2O	7.78
	Eisenoxyd-Hydrat	2,49
	Gyps	1.94
		100,31

Schon *Rammelsberg* zeigt in seiner Mineralchemie, dass der hohentwieler Natrolith schon bei ca. 250° einen Theil seines Wassers verliere, den Rest erst beim stärkerem Erhitzen. Es liegt

nun sehr nahe, diese partielle Wasserabgabe durch die Zersetzung des in dem Natrolith enthaltenen Gypses zu erklären.

Mit Natrolith zusammen kommt hie und da auch Desmin und Kalkspath, seltener Analcim vor und letzterer wird, wie ich an einem von Hrn. Prof. *Gottsche* gesammelten Stücke sah, von Natrolith und dieser von Phillipsit regelmässig überlagert.

Vieles Interessante bieten auch die Phonolithtuffe, sowohl des Hohentwieles selbst, als auch die weiter entfernten von Rosenegg u. a. Der letztere Fundort ist namentlich wegen seiner prächtigen Umwandlungspseudomorphosen nach Sanidin, Hornblende, Glimmer etc. zu erwähnen. Auch fehlt es in den, in den Tuff eingebetteten, Lapilli und Bomben nicht an schönen zum Theil noch wenig beachteten Mineralien z. B. Rutil. Besonders häufig ist auch amorphe Kieselsäure, als Chalcedon, Hyalit, Opal u. s. w. auf Klüften und Spalten der Tuffe ausgeschieden.

Ausser dieser zweifelsohne auf nassem Wege abgeschiedenen Kieselsäure gibt es aber noch Kieselmineralien ganz anderer Art.

Allüberall im Phonolithtuffe des Hegaus liegen rothbraune bis schwärzlichgraue glasartige runde Knollen, die sich durch ihre sie ringsumhüllende Brandrinde u. a. mehr sofort als vulkanische Bomben zu erkennen geben. Aeusserlich machen sie oft ganz den Eindruck von manchen (ungarischen) Holzopalen und liegen auch in der That als solche häufig in den schwäbischen Sammlungen. Schon das Vorkommen als vulkanische Auswürflinge erweckte Zweifel, ob wir es in der That mit opalartigen Mineralien zu thun hätten, es lag näher an Obsidiane oder irgend eine ähnliche glasige Erstarrungsmodification des vulkanischen Magmas zu denken, wie denn schon *Fraas* vermuthete, dass hier Pechsteine vorlägen.

Das physikalische und chemische Verhalten des fraglichen Silicates ist das folgende:

Es sind glasige graue, gelbe, bräunliche, rothbraune bis schwarze Massen, die öfters gebändert, gestreift und geflammt sind. Der Bruch ist bei den lichteren frischen Varietäten flachmuschlig und geht bei den rothen meist schon angegriffenen ins Splitterige. Glasglanz bis Fettglanz. Kantendurchscheinend (frisch) bis undurchsichtig (verwittert). Die rundlichen Knollen sind in der Mitte meist heller, als gegen den Rand zu. Gewöhnlich sind sie rings von einer erdigen gelblichen Verwitterungskruste um-

geben. Das spec. Gewicht beträgt im Mittel 2,221 die Härte 5,5—5,9. Vor dem Löthrohr auf Kohle unveränderlich, mit Soda erfolgt Heparbildung. Im Kölbchen erhält man Wasser, bei zersetzten Varietäten auch etwas Ammoniak und brenzliche Substanzen. Das Glas gelatinirt, wenn auch nur ziemlich schwach, mit Säuren und ertheilt der Boraxperle die Eisenfärbung. Mit Soda und Salpeter geschmolzen zeigt es Mangangehalt. Das Mineral hat also mit manchen eisenschüssigen Halbopalen grosse Aehnlichkeit, doch beweist schon das Gelatiniren mit Säuren, dass wir es mit keinem opalähnlichen Körper zu thun haben.

Das Mikroscop zeigte, dass selbst die scheinbar frischesten Stücke schon bedeutend von der Verwitterung angegriffen waren. In einer gelblich-bräunlichen, isotropen, zum Theil deutlich glasigen Grundmasse liegen hellere Parthieen, zum Theile scharf durch gerade Linien begrenzt (Krystallquerschnitte) zum grösseren Theile aber von rundlichen oder elliptischen Formen. Diese helleren Parthieen sind unzweifelhaft die Ueberreste ehemaliger Krystalle, die in einer hyalinen Grundmasse lagerten und durch Sickerwässer und die Atmosphärilien schliesslich mit dem grössten Theile der einst glasigen Grundmasse in ein körniges amorphes Produkt umgewandelt wurden. Sie zeigen zum allergrössten Theile nur noch Aggregatpolarisation, letztere ist ein Beweis davon, dass die Zersetzung noch keine ganz vollständige ist. Den Umrissen nach hatten wir es in vielen Fällen mit zersetzten Hauynen, in anderen mit Sanidinen zu thun. Erstere zeigten oft noch die charakteristischen Magnetiteinlagerungen oder waren noch häufiger ganz in Magnetitskelete verwandelt. Ueberhaupt hatte sich der Magnetit noch verhältnissmässig am besten gehalten. Und ehemalige unverkennbare Hornblende- oder Augitkrystalle waren vollständig zu einem von zahlreichen Magnetitkörnern erfüllten Skelet umgewandelt worden. Frische, noch polarisirende Krystalle sind selten, ausser Hauyn und Sanidin konnte nur noch Hornblende festgestellt werden. Bei stärkerer Vergrösserung wurden auch noch ziemlich intacte Nepheline sporadisch gefunden.

Trotz aller Mühe konnte kein frischeres Material gesammelt werden. Selbst die tief aus dem Tuffe ausgegrabenen noch ganz frisch erscheinenden Bomben zeigten unter dem Mikroscop schon eine weitgehende Zersetzung, so dass auch in ihnen frische polarisirende Krystalle zu den Seltenheiten gehörten. Es scheint also,

als ob Sickerwässer, die ja, wie die in den Hohlräumen sich findenden Kalkspathe beweisen, vielfach in den Tuffschichten circuliren, die Ursache dieser weitgehenden Veränderung unserer vulkanischen Gläser wären; dass wir es hier mit solchen zu thun haben, scheint schon aus der mikroscopischen Untersuchung hervorzugehen.

Nachstehend folgt eine Analyse von thunlichst frischem Materiale. Dieselbe wurde, um Anhaltspunkte für eine Vergleichung zu erhalten, ganz wie die Phonolithanalyse ausgeführt, d. h. die Untersuchung des in Salzsäure löslichen Theiles wurde getrennt von der des in Säure unlöslichen vorgenommen und aus der Summe beider die Bauschanalyse des vulkanischen Glases erhalten, welches in der That in seiner Zusammensetzung Aehnlichkeit mit manchen Pechsteinen hat.

Phonolithglas vom Hohentwiel.

	Lösl- 27,96	Unlösl. 27,04	Total
SiO_2	8,50	64,95	73,45
Al_2O_3	4,44	5,67	10,11
Fe_2O_3	0,80	0,25	1,05
FeO	0,43	0,53	0,96
MnO (NiO)	0,09	0,31	0,40
CaO	2,37	0,10	2,47
MgO	0,06	Spur	0,06
Na_2O	3,73	0,21	3,94
K_2O	0,28	0,51	0,79
Cl	0,56	—	0,56
SO_3	1,24	—	1,24
H_2O	5,35	—	5,35
	27,85	72,53	100,38
ab O für Cl_2	0,13		0,13
	27,72		100,25

Die Sauerstoffmenge beträgt für:

Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalkerde, Magnesia, Alkalien 2,19

Eisenoxyd, Thonerde 5,03

Kieselsäure 42,90

somit ist der Sauerstoffquotient : $\frac{2,19 + 5,03}{42,90} = 0,168$

Untenstehend ist die Analyse des löslichen Theiles wasserfrei auf hundert berechnet. dabei wurde ein dem Eisenoxydul äquivalenter Theil Eisenoxyd als Magnetit (Oxydoxydul) in Abzug gebracht. Die Analyse gleicht manchen Hauynanalysen, nur der Thonerdegehalt ist geringer. sonst ist aber die Uebereinstimmung so gross, dass wir den löslichen Theil für Hauyn (mit wenig Nephelin) in etwas zersetztem Zustande ansprechen dürfen. Dabei scheint das Eisenoxyd zum Theil als Vertreter der Thonerde vorhanden zu sein.

$Si\,O_2$	39,61
$Al_2\,O_3$	20,69
$Fe_2\,O_3$	1.49
Mn O (Ni O)	0,41
Ca O	11,05
Mg O	0,28
$Na_2\,O$	17,38
$K_2\,O$	1,31
Cl	2,61
SO_3	5,78
	100,61
ab O für Cl_2	0,61
	100,00.

Der in Säuren unlösliche Theil lässt sich nicht so einfach interpretiren. Es scheint übrigens als ob wir es neben freier Kieselsäure hauptsächlich mit Sanidin und natronhaltiger Hornblende (und Augit) zu thun hätten.

Hohenkrähen.

In einer Entfernung von 4 Kilometern in genau nördlicher Richtung vom Hohentwiel erhebt sich, zweifelsohne auf derselben Eruptionsspalte, der 644,4 m hohe Hohenkrähen, nächst jenem der bedeutendste und imposanteste der hegauer Phonolithe. Er hat im Gegensatz zu der Glockenform des Hohentwiels eine ausgesprochene Kegelform. Seine Wände fallen sogar so steil, gegen Osten beinahe senkrecht in die Ebene ab, dass er fast einem Zuckerhute gleicht. Die Phonolithtuffe umgeben ihn, wie auch den Hohentwiel, hauptsächlich an seiner Westseite, ein Umstand, der

von einigen Beobachtern dem Herrschen von ostwestlichen Winden während der Ausbruchszeit zugeschrieben wird, wahrscheinlicherweise aber einseitiger Denudation ihren Ursprung verdankt. Auch sein Fuss wird wie der des Hohentwiels vorzugsweise westlich durch eine Schutthalde begrenzt.

Das Gestein des Hohenkrähens ist ein sehr charakteristischer Hauynphonolith von entschieden porphyrischem Charakter. Aus der grünlichen Grundmasse heben sich vor Allem die matten weissen zersetzten Hauyne hervor, in zweiter Linie treten Sanidintafeln und grössere und kleinere Hornblendekrystalle auf. Seltener sind honiggelbe Titanite.

Das dunkelgraugrüne Gestein sieht, namentlich wenn es durch die Verwitterung schon etwas angegriffen ist, mit seinen milchweissen Hauynen, glashellen Sanidinen sammtschwarzen Hornblenden und metallglänzenden Magnetiten äusserst charakteristisch aus, und gehört mit zu den schönsten des Hegaus.

Als häufigste porphyrische Ausscheidung tritt der Hauyn auf, er ist jedoch meist schon in ein erdiges weisses steinmarkähnliches Mineral verwandelt, nur die grösseren Krystalle zeigen noch einen blauen bis blaugrauen Kern, von der weissen Umwandlungskruste umrahmt. In selteneren Fällen sind diese blauweissen Einsprenglinge noch von einer dritten rothen eisenschüssigen Zone eingeschlossen. Den Krystallquerschnitten nach haben wir es ausschliesslich mit Rhombendodekaëdern (die hier und da fast Erbsengrösse erreichen) zu thun. Es liegt nahe, das Zersetzungsprodukt für Kaolin zu halten, zumal da *Ad. Sauer* an canarischen Phonolithen die Kaolinisirung von Hauynen nachwies, doch steht das fragliche Mineral in seinem physikalischen Verhalten dem Steinmark oder manchem schmelzbaren Bol näher, ohne jedoch mit einem derselben völlig übereinzustimmen. Vor dem Löthrohr schmilzt es ziemlich schwer zu weissem Email; Kaolin und ächtes Steinmark sind unschmelzbar. Härte 2,5—2,75 (Kaolin 1, Steinmark 2,5). Gibt im Kolben wenig Wasser ab. Mit Kobaltsolution geglüht blaue Masse, schmilzt bei dauernder Hitze zu blauem Glase. Eine qualitative Analyse ergab neben Kieselsäure, Thonerde, Wasser und wenig Magnesia, Kalk, Eisen und Natron. Wird von Säuren nur wenig angegriffen. Einzelne Varietäten enthalten kohlensauren Kalk eingemengt und brausen desshalb beim Betupfen mit Salzsäure.

Das zweithäufigste porphyrisch ausgeschiedene Mineral ist der Sanidin, welcher durch die Zersetzung nur wenig leidet und nur in ganz verwitterten Stücken trübe wird.

Geradezu typisch für das Hohenkrähen-Gestein sind die häufig mehrere Millimeter grossen Hornblendekrystalle. Seltener finden sich selbst 1—2 cm grosse. Wegen der leichten Schmelzbarkeit dieser Nadeln darf man vermuthen, dass sie Arfvedsonit seien. Das Mineral tritt meist in deutlichen Prismen von schwarzer Farbe auf. Glasglanz. In frischen Varietäten grüner, in zersetzten brauner Strich. Gibt im Kölbchen Fluor ab, zeigt im Spectroscop neben den Kalk-, Natron- und Kalilinien meist auch noch die Lithiumlinie. Auf Platinblech mit Soda geschmolzen Manganreaktion, ertheilt der Boraxperle die Eisenfärbung. Schmilzt sehr leicht vor dem Löthrohre zur magnetischen Kugel. Spec. Gewicht 3,414.

Nach einer Analyse ist das Mineral folgendermassen zusammengesetzt:

SiO_2	45,07
Al_2O_3	8,80
Fe_2O_3	8,13
FeO	22,65
MnO [Ni, Zn, (Co)] . . .	3,07
CuO [Sn, (Sb), Pb] . . .	0,71
CaO	0,81
MgO	2,98
Na_2O	4,28
K_2O	2,68
Li_2O, Fl	Spur
	99,18

Das in Untersuchung genommene Material zeigte sich im Dünnschliff voll von fremden mikrokrystallinischen Einlagerungen. Namentlich waren Magnetitinterpositionen sehr zahlreich vorhanden. Homogenes Material war nicht zu finden. Der Analyse nach — wenn wir auf die zahlreichen, die chemische Totalzusammensetzung jedenfalls wesentlich beeinflussenden Mikrolithe keine Rücksicht nehmen — haben wir es mit einer Kalk- und Magnesiaarmen, dagegen an Alkalien sehr reichen Hornblende zu thun. Dieses Verhältniss und der hohe Gehalt an Eisenoxydul bewirken

jedenfalls auch die verhältnissmässig sehr leichte Schmelzbarkeit. Auffallend ist der hohe Gehalt an Mangan und anderen Schwermetallen. Darnach scheint also wesentlich die Hornblende die Trägerin der im Phonolith gefundenen Schwermetalle zu sein. (Näheres s. unten).

Titanit ist in oft mehrere Millimeter grossen Kryställchen häufiger als im hohentwieler Gestein.

Unter dem Mikroscop löst sich das Gestein schon bei schwacher Vergrösserung vollkommen in krystallinische Elemente auf. Einzelne stark ausgebildete Krystallindividuen verleihen durch ihre Grösse dem Gestein ein porphyrisches Aussehen. Neben den Sanidinleisten finden sich sporadisch auch Plagioklase. Bei ersteren fallen die häufigen Karlsbader Zwillinge ins Auge. Im Allgemeinen scheint die Zwillingsbildung nicht bei ganz kleinen, in Masse auftretenden Sanidinen stattzufinden, sondern nur bei den grösseren porphyrisch ausgeschiedenen. Die Hauyne sind auch in mikroskopischen Krystallen meist schon angegriffen. Bei der Zersetzung trennt sich das Mineral in lauter kleine Partikel, die häufig durch die Spaltungsrichtungen des Krystalles begrenzt werden. Bei weitergehender Verwitterung werden diese nur lose zusammenhängenden Theile immer mehr von Sprüngen durchsetzt, bis schliesslich der Hauyn in eine gekörnte Substanz verwandelt ist, von der wir weiter oben zeigten, dass sie dem Steinmark am nächsten steht. Im ersten Stadium zeigt der Krystall noch Aggregatpolarisation, während er vollständig pseudomorphosirt isotrop ist. Seltener und meist nur, wenn durch Spalten Hohlräume entstanden, sind die Hauyne zeolithisirt. Der Nephelin tritt zahlreich und schön auf, darf aber nicht mit wasserhellen Hauynen verwechselt werden, die auch in ganz geringer Grösse auftreten. Ebenso zeigt sich wie für das unbewaffnete Auge so auch mikroscopisch die Hornblende sehr verbreitet. Hieher gehören zweifelsohne die grünen stark pleochroitischen Querschnitte mit sehr stark ausgesprochener Spaltbarkeit. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch diese mikroscopischen Hornblenden so reich an Alkalien sind wie die porphyrisch ausgeschiedenen grossen. Wenigstens bilden sich beim Betropfen mit einer Mischung von rauchender Flusssäure und Salzsäure nach dem Verdunsten u. a. ziemlich häufig hexaëdrische Kryställchen, die isotrop brechen und als Natrium- resp. Kaliumchlorid aufgefasst werden müssen.

Dagegen scheinen die grünen kleinen Nädelchen, welche so häufig sind, dem Augit anzugehören. Magnetit ist sehr häufig und kommt gerne mit den Hauynen und Hornblenden (resp. Augit) zusammen vor. Ausserdem wurde noch das Vorkommen von Apatit und Titanit festgestellt.

Phonolith vom Hohenkrähen.

C. G. Gmelin.

	Total	Lösl. 55,13	Unl. 44,87
SiO_2	53,70	43,25	66,55
Al_2O_3	19,73	22,90	15,86
TiO_2, ZrO_2	vorhanden *	—	—
Ce_2O_3, Y_2O_3	Spur *	—	—
Cu (Pb, Sn, Sb. As) . . .	0,34 *	—	—
Mn_2O_3 (Ni, Zn) * . . .	1,09	1,19	0,89
Fe_2O_3	2,85	1,72	4,23
FeO	0,63 *	0,85 *	0,36
CaO	1,46	2,44	0,27
MgO	vorhanden *	—	—
Na_2O.	7,43	13,67	vorhand. *
K_2O	7,24	5,45	9,44
Li_2O	Spur *	—	—
Cl, Fl *	Spur	—	—
SO_3	0,12	0,22	—
P_2O_5	0,15 *	0,27 *	—
H_2O	3,12	5,79	—
	97,86	97,75	97,60

Vorstehend ist eine ältere Analyse des Hohenkrähen-Gesteines von *C. G. Gmelin* (1828) mitgetheilt. Die mit * bezeichneten Bestimmungen sind nachträglich vom Verfasser vorgenommen worden. Das dabei verwandte Material zeigte einen Glühverlust von 3,06 % war also jedenfalls dem *Gmelin*'schen sehr ähnlich zusammengesetzt. Auffallend ist der hohe Mangangehalt, sowie der Umstand, dass keine Magnesia angegeben ist. Eine qualitative Untersuchung des Gesteins zeigte aber, dass dieselbe sowie das Natron im unlöslichen Theil von *Gmelin* nur übersehen wurde. Daraus erklärt sich auch u. a. der grosse Verlust der Analyse.

Die Sauerstoffmenge beträgt für

Eisenoxydul, Kalkerde, (Magnesia), Alkalien . .	3,71
Eisenoxyd, Thonerde, Manganoxyd	10,40
Kieselsäure	28,64

somit ist der Sauerstoffquotient : $\frac{3{,}71 + 10{,}40}{28{,}64} = 0{,}493$

Das spec. Gewicht beträgt im Durchschnitt 2.449.

Der hohe Wassergehalt sowie der geringe Schwefelsäuregehalt deutet darauf hin, dass schon angegriffenes Material untersucht wurde.

Auf den Spalten und Klüften des Gesteines, namentlich auf der dem Hohentwiel zugekehrten Südseite des Berges finden sich ebenfalls gelbe bis röthliche Natrolithe, ganz ähnlich, wie die des Hohentwiels, nur ist das Vorkommen nicht so gut aufgeschlossen. Das etwas höhere spec. Gewicht 2,183, sowie die meist intensivere Farbe (gelbroth — orange) erklären sich leicht aus dem höheren Eisengehalt, mit dem zugleich auch der Gehalt an Wasser steigt, da das Eisen als Oxydhydrat vorhanden ist. Der Analyse nach ist auch der Natrolith vom Hohenkrähen ein Gemenge von Natriumaluminiumsilicat mit Gyps und Eisenoxydhydrat. Dieselbe ergab:

SiO_2	47,68
Al_2O_3	25,24
CaO	0,55
Na_2O	14,35
Cu (Pb, Sn), Mn (Ni)	vorhanden
SO_3	0,71
H_2O	9,45
Fe_2O_3	2,24
Organ. Subst. .	Spur
	100,22

Natrolith	SiO_2	47,68
	Al_2O_3 . . .	25,24
	Na_2O	14,35
	H_2O	8,45
	Gyps	1,50
	Eisenoxydhydrat	3,00
		100,22

Die gefundene Menge Kalk erfordert eigentlich 0,78 SO_3 statt der 0,71 gefundenen. Doch kann trotzdem kein Zweifel darüber herrschen, dass Ca in der That als Sulfat vorhanden sei, weil sich auch hier durch viel Wasser aus dem Mineralpulver Gyps ausziehen lässt. Mit ihm zusammen kommt noch häufig Kalkspath vor, der gewöhnlich ebenfalls durch Eisenoxydhydrat gelblich gefärbt ist.

Die Hegauer Natrolithe liefern einen kleinen Beitrag zu der Frage nach der Entstehung der Zeolithe. Nach *Rosenbusch*[1]) erfordert die Zeolithisirung „Wasser und hohe Temperatur und vollzog sich wahrscheinlich in sehr frühen Epochen der Existenz der Gesteine.“ Das dürfte bei den Hegauer Natrolithen kaum der Fall sein. Schon die ganze Art des Vorkommens auf Klüften und Spalten spricht ungemein für einen Auslaugungsprocess aus dem Phonolith, der sich höchst wahrscheinlich noch heute vollziehen kann. Dafür lässt sich u. A. der fast nie fehlende Gehalt an organischer Substanz anführen, ferner das Zusammenvorkommen mit Gyps (und Kalkspath), welcher manchmal in feinen Schichten und Schnüren mit dem Natrolith wechsellagert, so dass die radial strahligen Natrolithkugeln durch solche dünne Gypslagen in einzelne concentrische Kugelschaalen zerfallen. Eine Vergleichung der Analysen von frischem und verwittertem Phonolith (siehe Hohentwiel) zeigt für letzteren eine Abnahme von Natron, Kalk, Schwefelsäure (und Chlor). Diese Substanzen wurden, wie das ganze Aussehen des den Natrolith umschliessenden Phonoliths zeigt, ausgelaugt. Was ist nun näher liegend, als anzunehmen, dass sie sich als Gyps, Natrolith und Kalkspath auf den Spalten wieder ausschieden? Denn dem ganzen Vorkommen nach muss der Natrolith auf dieselbe Weise wie der oft in ihm eingewachsene Kalkspath und der mit ihm wechsellagernde Gyps entstanden sein. Und für letztere beiden Mineralien sind „hohe Temperaturen“ bei der Bildung nicht denkbar. Andere Zeolithe mögen die Produkte hoher Temperaturen sein, die Hegauer Natrolithe müssen jedoch wohl als einfache Auslaugungsprodukte aus dem Nebengestein angesehen werden. Auch *Fraas* ist dieser Ansicht, wenn er in seinen Begleitworten z. Atlasblatt Hohentwiel S. 8 sagt „der Natrolith erscheint ganz unzweifelhaft als das Zersetzungsprodukt des hauynhaltigen Phonoliths, als das letzte Stadium der Veränderungen, die mit dem Phonolithe vor sich gehen.“

---

[1]) Mikroskop. Physiographie II, S. 213.

Gennersbohl.

Kaum 1000 m östlich von der Eruptionsspalte Hohentwiel—Hohenkrähen streicht die zweite ihr parallele hin, deren südliches Ende das Zwillingspaar Gennersbohl—Staufen begrenzt, die fast in derselben Breite wie der Hohentwiel liegen. Am nördlichen Ende liegen, correlat dem Hohenkrähen, die beiden Eruptionskegel Mägdeberg—Schwintel. Verlängert man diese Eruptionsspalte noch weiter nach Süden, so trifft sie auf den Tuffhügel bei Katzenthal (Schoren) 574 m, unter welchem möglicherweise noch ein Phonolithkern verborgen steckt. Weit unbedeutender als am Staufen ist das Phonolithvorkommen am Gennersbohl, welches ein sprechendes Zeugniss für die Ansicht bietet, dass es im Hegau vielleicht noch mehr Ausbruchsstellen des Phonoliths gibt, welche nur durch Tufflager bedeckt sind. Denn nur einem Zufall, der Eröffnung eines Steinbruchs auf Chausseematerial, verdankt man es, dass unter der Tuffdecke des Gennersbohls am Hilzinger Weinberg ein Phonolithkern entdeckt wurde. Nur ungefähr 300 m Luftlinie vom Staufen in nordnordwestlicher Richtung entfernt liegt dieses interessante Vorkommen hart an der Strasse von Duchtlingen nach Holzingen. Das Gestein ist durch kohlensäurehaltige Sickerwässer schon sehr stark angegriffen, so dass es sehr rauh aussieht und überhaupt mit manchem Trachyt viele Aehnlichkeit zeigt. Doch gelatinirt es — ausgenommen ganz zersetzte Fragmente — mit Säuren deutlich. Gewöhnlich braust es beim Behandeln mit Säuren stark, da es vielfach von Kalkspath durchsetzt ist. Von allen Hegauer Phonolithen steht es dem Hohenkrähen-Gestein, namentlich in seinen zersetzten Varietäten, am nächsten. In einer grünlichen Grundmasse finden sich prophyrisch ausgeschiedene Krystalle, doch nicht so zahlreich wie beim Hohenkrähen-Phonolith. Vor allem fallen bis $^1/_2$ cm grosse Hauynkrystalle in die Augen, die jedoch meist schon in die steinmarkähnliche Substanz verwandelt sind. Neben ihnen tritt der Sanidin fast ebenso häufig, in Tafel- oder Leistenform auf; die Krystalle sind meist stark rissig. Auffallend sind die vielen grossen Hornblendekrystalle, deren leichte Schmelzbarkeit einen hohen Eisen- und Natrongehalt vermuthen lässt. Ab und zu finden sich auch Blättchen von dunkelem Glimmer und bis $^1/_2$ cm grosse schön honiggelbe Titanite. Charakteristisch sind die sich überall findenden Kalkspathadern und Drusen.

Das Mikroscop zeigt, dass wir es mit einem schon stark zersetzten Hauynphonolith zu thun haben. Der Sanidin ist ebenso häufig porphyrisch wie in der Grundmasse vertreten, hie und da zeigen sich die kleineren Individuen in ausgezeichneter Fluctuationsstructur angeordnet. Karlsbader Zwillinge sind ziemlich selten, ebenso Plagioklase. Die Krystalle, sehr reich an Einschlüssen, zeigen auch öfters in Höhlungen die charakteristischen dachziegelähnlichen Tridymit-Schuppen. Hauyn ist auch im Dünnschliff in grösseren Krystallen sehr häufig, aber meist schon stark zersetzt. Seine Krystallquerschnitte geben dann ganz ähnliche Bilder, wie die Hauynskelete in den oben beschriebenen Phonolithgläsern.

Ein sehr vorwiegendes Gesteinselement ist die Hornblende, begleitet von meist grasgrünem Augit. Merkwürdigerweise sind die Augite stark und die Hornblende nur schwach pleochroitisch. Für entscheidend bei der Bestimmung dieser beiden so nah verwandten Mineralien wurde der Habitus der Spaltungslinien angesehen. Nephelin ist äusserst spärlich vorhanden, derselbe scheint in der Grundmasse schon vielfach zersetzt zu sein. ist aber als Einschluss im Sanidin gar nicht zu verkennen und bildet so den Beweis für die Phonolithnatur des Gesteins. *Fischer* hielt dasselbe seines ganzen Aussehens halber für Trachyt. Apatitnadeln und Titanitkryställchen treten im Dünnschliffe nur untergeordnet auf. Als Zersetzungsproducte zeigen sich auch unter dem Mikroscope öfters Kalkspath und Zeolithmandeln.

Eine quantitative Analyse ergab:

Phonolith vom Gennersbohl.

	Lösl. 39,19	Unlösl. 60,81	Total
$Si O_2$	32,61	62,88	51,02
$Al_2 O_3$	23,76	15,33	18,63
$Ti O_2$, $Zr O_2$ (Ta?)	—	—	vorhanden
$Ce_2 O_3$, $Y_2 O_3$ . .	—	—	Spur
Cu (Pb, Sn, Sb) .	—	—	0,15
Mn (Ni, Zn) O .	0,28	0,79	0,59
$Fe_2 O_3$	0,98	4,53	3,14
Fe O	1,09	0,67	0,84
Ca O (Sr, Ba) .	15,03	3,26	7,89
Mg O	1,19	0,90	1,02
$Na_2 O$	6,47	2,63	4,13
$K_2 O$ (Li) . . .	2,97	8,12	6,08

Cl	0,23	—	0,09
Fl	—	—	Spur
SO_3	0,74	—	0,29
P_2O_5	0,41	—	0,16
H_2O	2,81	—	1,10
CO_2	11,56	—	4,53
	100,13	99,15	99,66

Die Sauerstoffmenge beträgt für:

Kieselsäure	27,18
Eisenoxyd, Thonerde	9,64
Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Alkalien	5,70

somit der Sauerstoffquotient $\frac{5,70 + 9,64}{27,18} = 0,564$

Das specifische Gewicht ist 2,480.

Durch den hohen Gehalt von Calciumcarbonat wird der Kieselsäuregehalt des löslichen Theils stark herabgedrückt, ebenso der von Natron. Doch sind trotz dieses Austritts von Natron Natrolithe auf den Spalten des Gesteins nicht allzu häufig, dafür findet sich ab und zu gelblicher, wasserheller und schwach rosenrother Analcim in deutlichen Krystallen.

Staufen.

Der Staufen, ungleich bedeutender als der Gennersbohl, ist ebenfalls, wie der Hohentwiel und Hohenkrähen ein mit einer Burgruine gekrönter Kegelberg (595 m üb. d. M.). In seiner äusseren Form, namentlich auch in Betracht der ziemlich breiten Abstumpfungsfläche ist er das verkleinerte Abbild des Hohentwiels, ganz wie dieser auf der West- und Südseite mit mächtigen Tuffschichten umgeben, während er im Osten steil gegen den diluvialen Moränenlehm einfällt. Das Gestein des Staufen ist ein fester dichter Phonolith von grünlicher Farbe, in dem sich kleine Hauyne porphyrisch ausgeschieden haben, jedoch nicht in so reichlichem Maasse wie bei Hohenkrähen und Gennersbohl. Auch hier sind die Krystalle fast durchgängig in jene oben beschriebene steinmarkähnliche Substanz verwandelt. Die andern constituirenden Mineralien treten selten porphyrisch auf, selbst Sanidinleistchen sieht man nur ganz vereinzelt blitzen und Hornblende- (resp. Augit-) Nädelchen sind noch seltener. Ab und zu

zeigen sich in der Masse dunklere Flecken, wie solche auch beim Hohentwiel-Phonolith auftreten, die sich unter dem Mikroscope in Aggregate von Augitkryställchen auflösen. Der Staufen-Phonolith zeichnet sich durch seinen kurzklüftigen Bruch vor den andern Hegauer Gesteinen aus.

Die grösseren Hauyne, die jedoch 1 mm selten überschreiten, besitzen oft noch einen klaren Kern, der von der weisslichen bis gelblichen Steinmarkrinde umrahmt ist, die kleineren Krystalle sind aber ganz pseudomorphosirt. Unter dem Mikroscope zeigt das Gestein in der aus kleinen Individuen der constituirenden Mineralien bestehenden Grundmasse eine durch ausgeschiedene grössere Krystalle bedingte porphyrische Structur. Der Sanidin kommt fast nur in einfachen Krystallen vor, er tritt als porphyrische Ausscheidung gegen den Hauyn zurück, nimmt aber in hervorragender Weise an der Grundmasse theil; hie und da ist der Fluctuationsstructur entsprechende Gruppirung der kleineren Krystalle um die grösseren zu beobachten. Einschlüsse sind sehr häufig, namentlich Hauyn, Augit, Nephelin, Apatit, ferner treten Flüssigkeitseinschlüsse manchmal in Reihen geordnet auf, ebenso finden sich ab und zu eingeschlossene Glasmassen. Plagioklasleistchen sind recht selten. Der die Hauptmasse der porphyrischen Ausscheidungen bildende Hauyn zeigt zwei verschiedene Umwandlungszustände. Der seltenere zeigt das Mineral erst in ein Aggregat von feinen Zeolithnadeln umgesetzt, der häufigere schon in körniges Steinmark. Von den Spalten aus ist in die zersetzten Krystalle Eisenoxydhydrat gedrungen, das ganz in denselben Wolken auftritt, wie bei den gelben Natrolithen. Hier und da sieht man deutlich, dass das Eisenoxydhydrat jedenfalls z. Th. ein Zersetzungsproduct des Magnetits ist, denn rings um die dunklen Magnetitkörnchen verbreiten sich die Wolken und Nebel, so dass die ersteren oft ganz in einem Rahmen von Oxydhydrat eingebettet liegen. Die Mitte der Hauyn-Krystalle ist oft noch ganz frisch, Augiteinschlüsse sind häufig, Glaseinschlüsse seltener. Die grösseren Krystalle lassen oft noch in bekannter Weise zahlreiche, sich unter 30° kreuzende Systeme paralleler Linien (Spaltungsrichtungen) erkennen. Auch finden sich häufig regelmässige Verwachsungen der einzelnen Krystallindividuen. Die Krystalle gehen nicht häufig unter eine gewisse Grösse herab und finden sich in der Grundmasse verhältnissmässig nur selten. An ihre Stelle tritt der Nephelin. An der Zusammensetzung der

Grundmasse betheiligen sich auch die Mineralien aus der Augit- und Hornblendegruppe in bedeutender Quantität. Zu Augit scheinen die lebhaft grünen Individuen zu gehören, da sie äusserst selten Spaltungslinien beobachten lassen. Sie sind stark pleochroitisch: olivengrün — pistaziengrün — bläulich-grün. Ausser den meist nadelförmigen Krystallen kommen auch selten zerfressene und ausgefranste vor. Nicht selten ist zonare Färbung zu beobachten. Die Krystalle haben einen grünen Kern, welcher von einer farblosen Zone umschlossen ist und seinerseits wiederum durch ein zweites grünes Band umrahmt wird. Mehrfach geknickte Krystalle sind ziemlich häufig. Die Augite schliessen, ausser farblosen Mikrolithen (z. Th. Apatit), Glaszellen, Nepheline und Magnetit ein. Letzterer gibt wohl auch zu Bildung von Skeletpseudomorphosen Veranlassung. Durch die Verwitterung wird das Mineral körnig und färbt sich dunkler grün, bis es schliesslich braun wird. Neben diesen Augiten zeigen sich auch häufig Krystalle, die sich durch ihre zahlreichen, scharf ausgeprägten Spaltungslinien als Hornblende zu erkennen geben. Dieselben zeichnen sich durch ihren geringen Pleochroismus und ihre mehr bräunlich-grüne Farbe aus. Nephelin tritt nur in mikroscopischen Krystallen auf, ist selten auch porphyrisch ausgeschieden und dann leicht mit kleinen Hauynen zu verwechseln, von denen ihn aber das Verhalten im polarisirten Lichte unterscheidet. Als Gemengtheil der Grundmasse ist er in zahlreichen wasserhellen sechsseitigen und rechteckigen Krystallquerschnitten vorhanden, z. Theil auch ohne scharfe Umrisse in abgerundeten Körnern. Magnetit tritt spärlich in meist rundlichen Körnern auf. Krystalle sind selten. Häufig ist er schon in Brauneisenstein umgewandelt und dringt als solcher in die Haarspalten der anderen Krystalle ein. Apatit ist als spärlicher Gemengtheil der Grundmasse in farblosen z. Th. quergegliederten Säulchen und Hexagonen nachzuweisen, auch als Einschluss in Sanidinen und Augiten. Die sonst schwer von Nephelin zu trennenden Kryställchen kennzeichnen sich durch den Mangel einer Galertbildung bei Säureeinwirkung. Titanit ist ziemlich selten in orangerothen Körnchen und keilförmigen Krystallen. Eisenglanz, an seinem rothen Durchschimmern kenntlich, tritt selten in Körnchen und Flimmern auf. Leucit findet sich als mikroscopischer Einsprengling, aber nicht allzuhäufig, die charakteristische Streifung konnte nur einmal im polarisirten Lichte deutlich erkannt werden.

Krystallquerschnitte sind selten, seine rundlichen Formen sind durch ihre Mikrostructur kenntlich. — Die Reihenfolge der Ausscheidungen scheint, nach den Einschlüssen von kleineren in grösseren Krystallen zu schliessen, folgende gewesen zu sein: Apatit, Magnetit, Nephelin, Augit (Hornblende), Hauyn, Titanit, Sanidin. In den stark zersetzten Varietäten finden sich ab und zu in Hohlräumen von Sanidinen Tridymite, kenntlich an ihrer charakteristischen Anordnung in Dachziegelform.

Das specifische Gewicht beträgt im Mittel: 2.452.

Phonolith vom Staufen.

Löslich 37,21. Unlöslich 62,79

$Si\,O_2$	55,92	
$Al_2\,O_3$	20,35	
$Ti\,O_2$, $(Zr\,O_2)$	vorhanden	
$Ce_2\,O_3$, $Y_2\,O_3$	Spur	
Cu (Pb)	0,18	
Mn O (Ni, Zn)	0,50	
$Fe_2\,O_3$	2,16	
Fe O	0,94	
Ca O	2,21	
Mg O	0,62	
$Na_2\,O$	8.35	$Li_2\,O$ Spur
$K_2\,O$	4.83	
$H_2\,O$	3,51	
$S\,O_3$	0,23	
$P_2\,O_5$	0,18	
Cl	0,06	Fl Spur
	100,04	

Der Sauerstoffgehalt beträgt:

bei Kieselsäure	29,79
bei Thonerde und Eisenoxyd	10,02
Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	4,20

somit ist der Sauerstoffquotient $\frac{4{,}20 + 10{,}02}{29.79} = 0{,}477$

Schwintel.

Wie das Zwillingspaar Staufen—Gennersbohl südlich dem Hohentwiel entspricht, so correspondiren als nördliches Ende der Ausbruchsspalte die Nachbarberge Mägdeberg und Schwintel dem Hohenkrähen. Merkwürdigerweise finden wir jedoch gerade umgekehrt zwischen den Gesteinen von Staufen, Gennersbohl und Hohenkrähen einerseits, sowie Mägdeberg, Schwintel, Hohentwiel anderseits viel mehr Verwandtschaft und Aehnlichkeit, namentlich im ganzen petrographischen Habitus als umgekehrt.

Der sogenannte „Schwintel“ ist ein kegelförmiger Phonolithberg (630 m) ganz nahe bei dem Mägdeberg und jedenfalls gleichzeitig mit ihm entstanden, jedoch von geringeren Dimensionen. Sein Gestein ist das dichteste unter allen Hegau-Phonolithen. Es besitzt ein grünlich-graues sehr gleichmässiges Aeussere, porphyrische Ausscheidungen machen sich fast gar nicht bemerkbar, nur hie und da zeigen sich einzelne stecknadelkopfgrosse Hauyne. Die Sanidinleistchen treten ganz zurück und nur im directen Sonnenlichte sieht man in der grünlichen Grundmasse unzählige Feldspathnädelchen flimmern. Sehr häufig sind braune Flecken, die oft mitten im Gesteine, aber auch auf Haarspalten in demselben auftreten. U. d. M. lösen sie sich in ein Gewirre von Augitnädelchen auf. Das mikroscopische Bild zeigt vorherrschend Nephelin, gegen welchen selbst der Sanidin zurücktritt. Die Nepheline sind meist wasserhell und lassen die charakteristische Mikrostructur (Bestäubung) in allen Phasen erkennen. Der Sanidin findet sich oft in Karlsbader Zwillingen, tafelförmige Krystalle treten gegen die balkenförmigen Leisten zurück. Plagioklas wurde nicht beobachtet. Der Hauyn kommt hauptsächlich in braunen porphyrischen Einsprenglingen vor. Augit und Hornblende treten sehr vorwiegend auf, zu dem ersteren scheinen im Allgemeinen die kleineren Kryställchen zu gehören, während die grösseren Individuen oft Spaltungsrichtungen zeigen. Apatit kommt in Nädelchen und winzigen Sechsecken vor. Titanit findet sich sporadisch. Die einzelnen Gesteinsbestandtheile sind ziemlich gleichmässig ausgebildet, so dass unter dem Mikroscop die sog. mikrogranitische Structur erscheint. — Das spec. Gewicht wurde zu 2,471 bestimmt.

Phonolith vom Schwintel.

Lösl. 48,13. Unlösl. 51,87.

$Si\,O_2$	55,91	$Ti\,O_2$ Spur
$Al_2\,O_3$	19,73	
$Fe_2\,O_3$	2.73	
$Fe\,O$	1.36	
$Mn\,O$ (Ni Cu)	0,46	
$Ca\,O$	2.39	
$Mg\,O$	0.75	
$Na_2\,O$	7,24	$Li_2\,O$ Spur
$K_2\,O$	2,13	
$H_2\,O$	4,33	
$S\,O_3$	0.21	
$P_2\,O_5$	0.18	
Cl	0,10	Fl Spur
CO_2	1,89	
	99,41	

Aus der vorstehenden Analyse ergibt sich der Sauerstoffgehalt von:

Kieselsäure	29,78
Thonerde und Eisenoxyd	9,86
Eisen-Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	3.62

somit der Sauerstoffquotient $\frac{3,62 + 9,86}{29,78} = 0,453.$

Mägdeberg.

Der Mägdeberg, nicht ganz 2000 m vom Hohenkrähen entfernt, ist der stattlichere Berg des Zwillingspaares Schwintel—Mägdeberg. Es ist ein 666 m hoher Kegel mit ziemlich breitflächiger Abstumpfung, ebenfalls von einer Burgruine gekrönt. Der ihn bildende Phonolith wird nirgends von Tufflagern umgeben, erst in einiger Entfernung von dem Massiv des Berges finden sich im Norden und Nordwesten desselben solche von geringer Ausdehnung. Das Gestein ist ungemein dicht und zeigt überhaupt wie jenes des Schwintels viel Aehnlichkeit mit dem Hohentwiel-Phonolith. Die porphyrischen Ausscheidungen sind ganz untergeordnet, lichtblaue und grüne Hauyne sowie Sanidine, ab und zu auch ein Hornblendenädelchen oder ein kleiner Titanit. Das im frischen Zustande schwärzlichgrüne Gestein fängt bei

der Verwitterung an, sich zu bräunen. Bei den angegriffenen Varietäten treten einzelne dunklere Partien fleckenartig hervor. Unter dem Mikroscop zeigt sich der Hauyn als der hauptsächlichste porphyrische Einsprengling, er ist namentlich in schön grünen Krystallen stark vertreten: die Farbe erscheint oft zonar vertheilt und die einzelnen Krystalle sind oft rings in dunkelgrüne bis schwarze strauchförmige Flecken eingehüllt, die sich bei starker Vergrösserung in ein Gewirr von grünen Augitnädelchen auflösen. Etwas minder häufig als die Hauyne treten die Sanidine in tafelförmigen und balkenförmigen Krystallen auf, letztere sind indess häufiger. Karlsbader Zwillinge sind nicht zu selten, Plagioklase nur sehr spärlich vertreten. Die verhältnissmässig wenigen Einschlüsse bestehen aus Hauyn, Nephelin, Augit, Apatit und Titanit. Der Sanidin tritt in der Grundmasse ganz bedeutend gegen den Nephelin zurück, während dieser seinerseits gar nicht porphyrisch vorkommt. Die meist wasserhellen Nepheline zeichnen sich durch ihre Mikrostructur aus und finden sich zahlreich in typischen Krystallen, so dass dieses Gestein sogar von *Rosenbusch* [1]) besonders zum Studium des Nephelins empfohlen wird. In zersetzten Parthien sind die Nepheline rothbraun gefärbt. Bei starker Vergrösserung (650) zeigt sich, dass diese Farbe von zahlreichen eingelagerten schwarzen undurchsichtigen Pünktchen, Körnchen und Schüppchen (Magnetit) herrührt, um die sich als braune Nebelzone Brauneisenstein lagert. Hie und da bilden unter sich verwachsene Nephelinkrystalle eine scheinbare Glasbasis, in der sich die anderen Gesteinsbestandtheile ausgeschieden haben. Solche Krystallverwachsungen zeigen nur ganz schwache Polarisation, aber bei schiefem Lichte öfters noch deutlich die Umrisse der einzelnen zusammengefritteten Individuen. Die Trennung der zahlreich auftretenden Augit- und Hornblendekrystalle ist nicht ganz leicht. Als Augit fasse ich die schön grasgrünen stark pleochroitischen Kryställchen auf, welche sehr häufig zu Aggregaten verwachsen erscheinen. Zu der Hornblende rechne ich die minder zahlreichen bräunlich-grünen Krystalle ohne ausgesprochenen Pleochroismus, welche meist in einzelnen Individuen vorkommen und auch Spaltungslinien zeigen. Apatitnädelchen finden sich ziemlich häufig, dagegen Magnetit und Titanit nur untergeordnet.

---

[1]) Mikroscopische Physiographie II. S. 214.

Der chemische Nachweis von Zirkonerde in den Phonolithen des Hegaus veranlasste eine genaue Untersuchung der verschiedenen Schliffe auf Zirkon, doch ohne entscheidenden Erfolg. Vielleicht dürfen die kleinen farblosen bis bräunlichen Körnchen von constantem kurzsäuligen Habitus, die sich bei sehr starker Vergrösserung (1000) in den meisten der Hegauer Phonolithe zeigen, dafür angesprochen werden. Am deutlichsten erscheinen sie im Mägdeberger Gestein, wo sie zu kleinen Gruppen vereint vorkommen und dem quadratischen Systeme anzugehören scheinen. Doch ist selbst die Bestimmung des Krystallsystemes bei der so starken Vergrösserung keine absolut sichere. Inzwischen wurden zu Würzburg Zirkone im Tuff des benachbarten Philippsbergs entdeckt und dürfte daher die Zirkonerde auch in den Phonolithen des Hegaus nur in Form dieses Minerals vorkommen.

Das spec. Gewicht des frischen Gesteins beträgt: 2,499, es ist demnach das dichteste der Hegauer Phonolithe.

Phonolith vom Mägdeberg.

Lösl. 33,48. Unlösl. 66,22.

$Si\,O_2$	56,43	hält $Ti\,O_2$ u. $Zr\,O_2$
$Al_2\,O_3$	20,58	
$Fe_2\,O_3$	2,88	
$Fe\,O$	1,28	
$Mn\,O$ (Cu, Ni, Zn)	0,66	
$Ca\,O$	1.45	
$Mg\,O$	0,28	
$Na_2\,O$	8,62	hält $Li_2\,O$ (Na₂O u. K₂O)
$K_2\,O$	4,23	
$H_2\,O$	2.90	
SO_3	0,22	
$P_2\,O_5$	0,06	
Cl	0,07	Fl Spur
	99,58	

Aus der vorstehenden Analyse ergibt sich der Sauerstoffgehalt von:

Kieselsäure	30,08
Thonerde und Eisenoxyd	10,48
Eisen- und Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	3.90

somit der Sauerstoffquotient $\frac{3{,}90 + 10{,}48}{30{,}08} = 0{,}478.$

Bei den beschriebenen Phonolithen finden wir alle möglichen Gesteinsvarietäten von der dichten fast homogen erscheinenden Ausbildung des Phonoliths am Schwintel bis zu der porphyrischen jenes vom Hohenkrähen. Alle aber sind ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Hauyn. Die Gesteine der einzelnen Fundpunkte unterscheiden sich schon in ihrem äusseren Habitus ziemlich scharf von einander, so dass sogar einzelne Handstücke leicht als von diesem oder jenem Berge abstammend erkannt werden können. Die Phonolithe vom Hohentwiel, Staufen, Schwintel und Mägdeberg stehen als dichte Varietäten den Gesteinen vom Hohenkrähen und Gennersbohl gegenüber, welch' letztere als ächte „Phonolithporphyre" zu betrachten sind. Der Hohentwiel ist seinerseits wieder ausgezeichnet durch seine zahlreichen licht- bis dunkelblauen Hauyne, die sich jedoch nur wenig von dem Gestein selbst abheben, den Staufen-Phonolith charakterisirt sein eigenthümlich kurzklüftiger Bruch, sowie seine grünliche Farbe. Die Phonolithe vom Mägdeberg und Schwintel sind durch ihren Reichthum an Nephelin gut unterschieden, für den letzteren ist auch noch der fast vollständige Mangel porphyrischer Ausscheidungen charakteristisch. Das stärker zersetzte Gestein vom Gennersbohl unterscheidet sich durch sein trachytähnliches Aeussere von dem ihm sonst ähnlichen Hohenkrähen-Phonolith.

Die Analysen der vorstehend beschriebenen Gesteine weichen insofern von denen anderer Phonolithe ab, als darin das Vorkommen von Elementen nachgewiesen ist, die bis jetzt als ihnen fremd galten. Zu ihrer Entdeckung führte die folgende Betrachtung: Die älteren plutonischen Vertreter der Phonolithe sind bekanntlich die Eläolithsyenite, die ihnen mineralogisch und chemisch ganz analog zusammengesetzt sind. So ist z. B. das Zersetzungsmineral des Nephelins im Phonolith wie im Eläolithsyenit der Natrolith. Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass sich die Eläolithsyenite durch Reichthum an merkwürdigen Mineralien, den Trägern von seltenen Elementen auszeichnen. Es fragte sich nun, entspricht auch in diesem Punkte der Phonolith seinem sonst chemisch analog zusammengesetzten Vorgänger, führt auch er diese seltenen Mineralien, vor Allem ist auch für ihn, wie für den Eläolithsyenit (Foyait, Zirkonsyenit) ein Gehalt an Zirkon charakteristisch? Mikroscopisch lässt sich diese Frage für die Phonolithe des Hegaus wohl kaum direkt lösen, denn man muss,

selbst die Anwesenheit der betreffenden Mineralien vorausgesetzt, doch annehmen, dass sie in dem dichten Phonolithe, im Gegensatze zu dem grosskrystallinischen Eläolithsyenit als Mikrolithen vorhanden und als solche wohl kaum sicher zu identificiren sein möchten. Wir haben nun in der That bei der Durchmusterung der Dünnschliffe einzelne mikrolithische Mineralien gefunden — besonders deutlich im Mägdeberger Gestein (s. ob.) — welche für Zirkone angesprochen werden möchten, doch sind sie nicht charakteristisch genug, um vollkommene Sicherheit zu gewähren. Zirkone im Phonolith von Poppenhausen (Rhön) und Heldburg bei Coburg sind schon durch *Sandberger* und *Blum* beschrieben worden, auch fand sie Hr. *H. Thürach* im Phonolithtuff von Schackau (Rhön) und wie oben erwähnt in dem des Philippsbergs im Hegau. Für die Hegau-Phonolithe selbst konnte aber nur die chemische Untersuchung zum Ziele führen. Desshalb beschäftigte ich mich auf Anregung des Hrn. Prof. *Stelzner* in Freiberg längere Zeit damit im Universitätslaboratorium des Hrn. Prof. *Knop* in Leipzig. Die Untersuchungen wurden in dem gut eingerichteten Laboratorium der Schwarzenberger Hütte zu Ende geführt. Um die angeregte Frage zur Entscheidung zu bringen, war es nöthig, ungewöhnlich grosse Quantitäten in Untersuchung zu nehmen, wesshalb man hoffen durfte, dass sich auch noch andere interessante Resultate ergeben würden und in der That wurde ausser der Zirkonerde noch eine Anzahl anderer Stoffe entdeckt, deren Constatirung zum Theil sehr überraschte.

Die Phonolithe sind bekanntlich ein Gemenge von in Salzsäure löslichen und unlöslichen Silicaten und zwar bestehen unsere Hegauer Gesteine aus den löslichen: Hauyn, Nephelin, Magnetit, Titanit und Apatit, dem z. Th. löslichen Plagioklas und Glimmer und den unlöslichen Sanidin, Hornblende und Augit. Die Kieselsäure und Thonerde des löslichen Theils stammen sicher aus dem Hauyn und Nephelin, Natron und Kali ebendaher, Hauyn ist zugleich der Träger der Schwefelsäure, zusammen mit Nephelin, Apatit und Titanit der des Kalkes und mit Apatit der des Chlors. Der Wassergehalt rührt meist von zersetztem Hauyn und Nephelin her, Eisenoxyd und Oxydul stammen hauptsächlich aus dem Magnetit, das Manganoxydul wohl ebenfalls, die Magnesia wohl aus Glimmer, vielleicht auch zum Theil aus der Hornblende, aus welcher sie durch sehr langes Digeriren mit

Säure extrahirt worden sein kann. Die Phosphorsäure rührt vom Apatit her, ebenso derjenige Theil des Fluors, der nicht schon beim blossen Glühen entweicht, sondern durch Aufschliessen mit Phosphorsalz ausgetrieben werden muss. Kieselsäure und Thonerde des unlöslichen Theiles stammen gemeinschaftlich aus sämmtlichen denselben zusammensetzenden Mineralien, Eisen-Oxyd und Oxydul, sowie Kalk, Magnesia und ein Theil des Natrons sind in der Hornblende und dem Augite enthalten, der Rest des Natrons, sowie das Kali rühren vom Sanidin her. Derjenige Theil des Fluors, welcher schon beim blossen Glühen entweicht, stammt aus dem Glimmer und der Hornblende; in der des Hohenkrähens z. B. wurde es direkt nachgewiesen. Es wäre noch die Frage zu erledigen, in welcher Form die seltenen Erden sich in den Phonolithen vorfinden, ob sie nur unwesentliche Bestandtheile einzelner Mineralien z. B. der Titanite, oder als selbstständige Mineralien (z. B. als Zirkon, Orthit) aufzufassen sind. Für die erstere Annahme spricht die bekannte Thatsache, dass manche Titanite Yttererde u. s. w. enthalten, ferner dass sich solche in Spuren auch im löslichen Theile findet; nach Analogie der Eläolithsyenite ist es jedoch wahrscheinlicher, dass diese seltenen Erden als Mikrolithe, entsprechend den seltenen Mineralien im grosskrystallinischen Eläolithsyenit, auftreten. Mikroscopisch liess sich, wie schon oben mitgetheilt, diese Frage für die Phonolithe des Hegaus nicht lösen, doch widerspricht die mikroscopische Analyse einer solchen Annahme wenigstens nicht. Höchst wahrscheinlich ist es übrigens, dass beide Arten des Vorkommens auftreten und dass aus dem die seltenen Erden haltenden Magma dieselben sich sowohl als selbstständige Mineralien, Mikrolithe, als auch in Vertretung von anderen im Titanite ausschieden, namentlich ist letzteres für die Yttererde wahrscheinlich.

Die vorliegenden Untersuchungen sind, ohne dies von vornherein zu beabsichtigen, auch ein kleiner Beitrag zu der von *Fr. Sandberger* nachgewiesenen weiten Verbreitung von Schwermetallen in kleinen Mengen geworden. Schon bei einigen älteren Phonolith-Analysen wird Kupfer in Spuren angegeben und es ist sehr leicht erklärlich, warum gerade dieses Metall nicht übersehen wurde. Da beim gewöhnlichen Verlauf der Silicatanalyse die Lösung nach Abscheidung der Kieselsäure nicht mit Schwefelwasserstoff behandelt wurde, so übersah man die Schwermetalle, die dann zum grössten Theil mit der Thonerde und dem Eisen-

oxyd niederfielen und gewogen wurden. Das Kupfer ging dabei aber als Kupferoxydammoniak in Lösung und verrieth sich durch seine blaue Farbe. So wurde z. B. in dem Phonolith von Salzhausen in Hessen 0,27 CuO, in dem von Wisterschan bei Teplitz 0,01 CuO gefunden.

Genauere Untersuchungen der Hegauer Gesteine (und anderer Phonolithe) zeigten, dass ausser Kupfer noch Blei, Antimon, Zinn, Nickel, Zink vorhanden waren, ebenso, aber untergeordnet, hier und da Arsen und Kobalt. Die Methoden, nach denen diese Metalle bestimmt wurden, sind weiter unten eingehender beschrieben. Sie finden sich sowohl im löslichen als im unlöslichen Theil, im ersteren vorwiegend Kupfer. Man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dieselben zum Theil andere Oxyde im Magneteisen substituiren, zum Theil an Kieselsäure gebundene Bestandtheile der Hornblenden und Augite seien, zumal schon *Sandberger* in diesen Mineralien ihre weite Verbreitung nachwies. Die Analyse des Hohenkrähener Amphibols bestätigt diese Annahme, da in demselben die gleichen Schwermetalle, wie in dem ganzen Phonolith, aber in bedeutend grösserer Quantität nachgewiesen wurden. *Sandberger* nimmt bekanntlich an, dass die auf Haarspalten circulirenden kohlensäurehaltigen Wässer diese kleinen Quantitäten von Schwermetallen in Lösung überführen und auf Gangspalten absetzen können. Da nun die Natrolithgänge bei den Hegauer Gesteinen unverkennbar Auslaugungsgänge im Phonolith sind, so lag es nahe, dieselben ebenfalls auf einen Gehalt an Schwermetallen zu untersuchen. Die oben angeführten Analysen gaben ein positives Resultat und es ist demnach dadurch bewiesen, dass sich solche Vorgänge, wie sie *Sandberger* seiner Lateralsecretionstheorie zu Grunde legt, auch im Phonolith des Hegaus vollziehen. Eine bedeutende Anreicherung der Klüfte an Metallen hat allerdings in unserem Falle nicht stattgefunden, doch ist zu bedenken, dass bei diesen Gangbildungen die Zeolithe stets die jüngsten Elemente sind und dass also vor ihrer Entstehung schon ein Theil der Schwermetalle fortgeführt werden konnte, wie sie auch schon an und für sich keinen günstigen Träger für Schwermetalle bilden. Einen weiteren Beweis dafür, dass letztere in der That aus der Gesteinsmasse extrahirt werden können, bietet der Umstand, dass der zersetzte Phonolith, welcher sich in unmittelbarer Nähe der Natrolithgänge vorfindet und unverkennbare Zeichen von Auslaugung erkennen lässt, sehr arm

an Schwermetallen ist; eine Bestimmung derselben ergab nur 0,04% Cu (Pb, Sb, Sn).

Die angewandten analytischen Methoden waren die bekannten. Das Gestein wurde mit Salz- und Salpetersäure in der Wärme behandelt, die lösliche Kieselsäure mit Natriumcarbonat extrahirt und der unlösliche Rückstand gewogen und dann mit Natriumkaliumcarbonat aufgeschlossen, resp. zur Bestimmung der Alkalien mit Fluorwasserstoffsäure behandelt. Eisenoxydul wurde entweder in der zugeschmolzenen Glasröhre oder durch Lösen des Gesteins in Fluorwasserstoffsäure unter Einleiten von Kohlensäure bestimmt, das Oxydul des löslichen Theiles durch Zersetzen des Phonoliths mit Schwefelsäure unter Zugabe eines Carbonats im Ventilkolben und nachheriges Austitriren mit Kaliumpermanganat. Zur Bestimmung der $Ti\,O_2$ wurden die gewogenen $Si\,O_2$- und $Al_2\,O_3$-Mengen im Platintiegel zusammen mit saurem schwefelsaurem Kali aufgeschlossen. Kalk wurde als Oxalat, Magnesia als Pyrophosphat, Mangan als Schwefelmangan, Chlor als Chlorsilber, Schwefelsäure als Baryumsulfat (aus schwach salzsaurer Lösung), Phosphorsäure als Molybdänsalz und schliesslich als Magnesiumpyrophosphat bestimmt. Zur Bestimmung der Alkalien diente neben den gewöhnlichen Methoden die neuere von *Knop*, die auch sehr zufriedenstellend mit den andern übereinstimmende Resultate ergab. Baryum und Strontium wurden spectralanalytisch in dem gewogenen Aetzkalk nachgewiesen, ebenso das Lithium in den Alkalien. Der Glühverlust bei den einzelnen Analysen ist als Wasser angegeben, dabei ist aber auch die Aufnahme von Sauerstoff bei der etwaigen Verwandlung der vorhandenen Oxydulsalze in oxydische, sowie das entweichende Fluor mit inbegriffen. Der bei den Analysen sich ergebende Mehrbetrag über 100 ist wohl grösstentheils auf Rechnung des Glühverlustes zu schreiben. Das Fluor wurde durch blosses Erhitzen im Glaskölbchen ausgetrieben und durch seine bleichende Wirkung auf Fernambukpapier erkannt, ein Theil verflüchtigte sich erst bei der Zersetzung mit Phosphorsalz. Zum speciellen Nachweis wurden ca. 20 gr Phonolith vom Hohenkrähen im Platintiegel mit Phosphorsalz geglüht und die entweichenden Gase mittelst eines kleinen Bleirohres in Chlorcalciumlösung aufgefangen, der entstandene Niederschlag erwies sich als Fluorcalcium.

Vor der Bestimmung der Schwermetalle wurden alle dazu verwendeten Reagentien mit Schwefelwasserstoff geprüft. Salz-

säure gab dabei direct gewöhnlich keine Trübung oder Niederschlag, wohl aber bei der Verdünnung mit der zehnfachen Quantität Wasser. In die so verdünnte Säure wurde unter gelindem Erwärmen tagelang Schwefelwasserstoff eingeleitet, dann, nachdem eine besondere Probe auch beim Abstumpfen mit Ammoniak und wiederholtem Einleiten keine Trübung mehr zeigte, von dem entstandenen Niederschlage abfiltrirt, resp. mit dem Heber abgezogen und wiederum concentrirt. Auf ähnliche Weise wurde die Salpetersäure gereinigt. Kalium und Natriumcarbonat wurden in verdünnten Lösungen dauernd mit Schwefelwasserstoff behandelt und dann längere Zeit unter Einleiten von Kohlensäure gekocht und zur Trockene gebracht, erst das so dargestellte Salz wurde zur Analyse verwandt. Bei dieser selbst wurden 15—20 gr Phonolithpulver (bei der qualitativen Prüfung ca. 50 gr) in der bedeckten Platinschale in der Muffel aufgeschlossen, sodann mit der gereinigten Salzsäure unter Zusatz von etwas gereinigter Salpetersäure zersetzt, die ganz concentrirte stark saure Lösung längere Zeit in der Wärme digerirt und schliesslich wiederholt zur Trockene gebracht, dann wieder in Salzsäure gelöst, bis alle Salpetersäure ausgetrieben war. Sodann wurde die Kieselsäure auf bekannte Art unlöslich gemacht und abfiltrirt. Die stark auf ca. 5 Liter verdünnte Lösung wurde nach eventueller Abstumpfung eines zu grossen Ueberschusses von freier Säure mit Natriumcarbonat auf ca. 60° erwärmt und Tage lang der Einwirkung von Schwefelwasserstoff ausgesetzt. Die grosse Verdünnung der Lösung und die lange Einwirkungsdauer des Schwefelwasserstoffgases sind unumgängliche Bedingungen der vollständigen Ausfällung der Schwermetalle, da z. B. das Blei mit den Chloriden des Natriums, Calciums u. s. w., wenn letztere in bedeutendem Ueberschusse vorhanden sind, leicht lösliche, durch Schwefelwasserstoff kaum zersetzbare Doppelsalze bildet. So kann beispielsweise Blei in einer concentrirten Lösung von Bleisulfat in Chlorcalcium, Chlormagnesium oder Chlornatrium durch Schwefelwasserstoff kaum nachgewiesen werden. Nach dem Absetzen der Schwefelmetalle wird die Flüssigkeit mit dem Heber klar abgezogen, der Rest durch ein gewogenes, bei 100° getrocknetes Filter abfiltrirt und mit ganz schwach salzsaurem Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, bei 100° bis zur Gewichtsconstanz getrocknet und gewogen. Sodann wird es mit Soda und wenig Salpeter geschmolzen, der Schwefel so in Schwefel-

säure übergeführt und als Baryumsulfat gewogen. Das Gewicht des so erhaltenen Schwefels von dem der Sulfide abgezogen, gibt die Menge der reinen Metalle. Zur qualitativen Untersuchung der erhaltenen Sulfide wurden ca. 50 gr Phonolith auf die beschriebene Weise behandelt und die erhaltenen Sulfide vor dem Löthrohr weiter geprüft. Kupfer wurde in der Phosphorsalzperle sowie als Chlorkupfer nachgewiesen, Blei durch den Beschlag auf Kohle, und als Sulfat, Zinn durch den Beschlag und seine Reductionserscheinungen in der Phosphorsalzperle, Antimon durch den Beschlag und den schwarzen Fleck mit Zink und Salzsäure auf Platinblech, Arsen als Spiegel. — Aus der von den in saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff fällbaren Sulfiden befreiten Flüssigkeit wurde der überschüssige Schwefelwasserstoff durch Kochen ausgetrieben, mit Salpetersäure oxydirt, mit Ammon wiederholt gefällt und das Mangan mit den Metallen dieser Gruppe nach dreitägiger Einwirkung durch farbloses Schwefelammonium gefällt und auf bekannte Weise im Wasserstoffstrom im *Rose*'schen Tiegel als Mangansulfid bestimmt. In dem Niederschlage wurde Zink durch seine Löthrohrreaktion auf Kohle, Nickel und Kobalt durch ihr Verhalten in der Phosphorsalz- und Boraxperle nachgewiesen. Das Ganze wurde sodann als Manganoxydul berechnet.

Es fehlte bisher eine Methode, um die seltenen Erden stets sicher im Gange der Analyse nachzuweisen und so mag es leicht sein, dass dieselben in geringer Quantität eine grössere Verbreitung besitzen, als wir gewöhnlich annehmen. Dafür spricht auch u. A. dass z. B. *A. Cossa* Ceroxyde im cararischen Marmor und Muschelkalk, und *Mayencou* solche in Eisensteinnieren von St. Etienne nachwies. Da nun aus petrographischen Gründen, der Analogie mit dem Eläolithsyenit, die Vermuthung nahe lag, dass auch im Phonolith seltene Erden, wenn auch nur in Spuren vorhanden seien, so beschäftigte sich der Verfasser seit geraumer Zeit speciell mit der Untersuchung der Phonolithe auf solche. Es handelte sich vor Allem darum, eine brauchbare Methode zur Nachweisung derselben in Silicaten festzustellen. Das Studium der schon vorhandenen Methoden erwies sich als ergebnisslos. Die geringe Zahl der überhaupt veröffentlichten Methoden war nur für bestimmte Fälle tauglich, und für die Analyse eines Silicats mit ganz geringen Mengen seltener Erden nicht anwendbar. Nach vielen Versuchen wurde die hier näher besprochene Methode als die am

raschesten und sichersten zum Ziele führende erkannt. Nebenbei hat sie noch die Annehmlichkeit, sich dem gewöhnlichen Gange einer Silicatanalyse möglichst anzupassen, so dass auch die anderen Bestandtheile im Laufe der Untersuchung festgestellt werden können. Das auf seltene Erden zu untersuchende Silicat wird mit der 6—8 fachen Menge Natriumkaliumcarbonat im Platintiegel über dem Gebläse aufgeschlossen. Handelt es sich um den Nachweis von Spuren seltener Erden, so ist ein grösseres Quantum, 50—100 gr, anzuwenden, dessen Aufschliessung am besten im Muffelofen in einer bedeckten Platinschale gelingt. Man gebraucht dabei die Vorsicht, die Schale in den noch kalten eben erst angeheizten Ofen zu stellen, um so durch die allmähliche Erhitzung die Kohlensäure langsam auszutreiben, ohne ein Ueberschäumen befürchten zu müssen.

Die aufgeschlossene Masse wird mit viel Wasser wiederholt ausgekocht und zwar unter Zusatz von Natriumcarbonat. Dabei geht der allergrösste Theil der Kieselsäure als Natriumsilicat in Lösung. Die Flüssigkeit muss längere Zeit im Kochen erhalten werden, da sonst Beryllerde und Zirkonerde gleichfalls in Lösung gehen können. Letztere kann ausser dem Natriumsilicat noch Chromsäure, Vanadinsäure, Mangan-, Wolfram-, Molybdän-, Selen-, Schwefel- und Phosphorsäure enthalten. Sie wird von dem Niederschlage abfiltrirt und eventuell auf jene Körper geprüft. Der mit heissem Wasser ausgewaschene Rückstand wird längere Zeit mit rauchender Salzsäure unter Zusatz von einigen Kubikcentimetern Alcohol behandelt, wobei der grössere Theil in Lösung geht. Die zurückbleibende Kieselsäure wird, ohne vorher zur Trockene zu bringen, durch ein doppeltes Filter abfiltrirt, mit Fluorwasserstoffsäure behandelt und auf Niob- und Tantalsäure geprüft. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wird dem gewöhnlichen Gange der Analyse unterworfen und zuerst durch Schwefelwasserstoff ausgefällt. Das Filtrat wird mit etwas Salpetersäure oxydirt, mit Ammoniak gefällt, nachdem die freie Säure so viel als möglich verflüchtigt worden ist, um keine grossen Quantitäten von Ammonsalzen in der Flüssigkeit anzuhäufen. Das Filtrat wird, wie gewöhnlich mit Schwefelammonium etc. weiter behandelt. Der Ammoniakniederschlag enthält neben Thonerde und Eisenoxyd die seltenen Erden und Titansäure. Er wird mit heissem Wasser gut ausgewaschen und dann zur Trockene gebracht und geglüht, ein etwaiger Rückstand dabei ist auf

Yttererde zu prüfen, da sich diese in Salmiak löst. Der gut ausgewaschene Ammonniederschlag wird längere Zeit mit Kalilauge digerirt, dabei gehen Thonerde, Beryllerde und Chromoxyd in Lösung, Eisenoxyd bleibt mit den Ceroxyden, Zirkonerde, Yttererde, Titansäure zurück. Thonerde und Beryllerde werden auf bekannte Weise getrennt. Der Rückstand wird in der Kälte längere Zeit mit Ammoncarbonat digerirt. Dabei gehen die seltenen Erden und Titansäure in Lösung, Eisenoxyd (und etwas Thonerde) bleiben zurück, der Rückstand wird mit Essigsäure behandelt und mit Jod auf Lanthan geprüft. Die Ammoniumcarbonatlösung wird andauernd gekocht, dabei fallen die Ceroyde, Zirkonerde und Titansäure, Yttererde und Erbinerde aus. Der Niederschlag wird nun in wenig Schwefelsäure gelöst, mit Kalilauge fast neutralisirt und durch einige Krystallrinden von Kaliumsulfat gefällt. Dabei gehen Yttrium und Erbium in Lösung und werden durch Kalilauge als Hydroxyde gefällt. Die in Kaliumsulfat unlöslichen Doppelsalze von Cer, Zirkon, Thor werden mit Salzsäure in der Kälte behandelt und so Zirkonerde nebst etwas Titansäure in Lösung gebracht. Diese salzsaure Solution wird mit Zink reducirt und mit Curcumapapier auf Zirkonerde geprüft. Das Papier bräunt sich beim Trocknen, muss aber vor in der Laboratoriumsluft etwa vorhandenen Ammonsalzen geschützt werden. Die Reduktion der Titansäure muss mit grosser Sorgfalt (im Ventilkolben) ausgeführt werden, um Täuschungen zu entgehen. Zur speziellen Prüfung auf Cer dient die *Poppe*'sche Reaktion mit Salpetersäure und Bleihyperoxyd, entsteht dabei violete Färbung von Uebermangansäure, so filtrirt man wiederholt durch ein trockenes Filter und zerstört so die Uebermangansäure. Selbst die geringsten Spuren von Ceroxyd verrathen sich noch durch die gelbliche Färbung der Flüssigkeit, die besonders deutlich hervortritt, wenn man von oben in das Reagenzglas sieht. Man thut gut, zur Controle eine Quantität Bleihyperoxyd mit Salpetersäure allein zu erhitzen, um das Filtrat mit der Ceroxydlösung zu vergleichen.

Statt des oben beschriebenen Verfahrens führt auch der folgende Weg leicht zum Ziel. Der gut ausgewaschene Ammonniederschlag wird mit Oxalsäure digerirt, dabei gehen Eisenoxydul, Thonerde und Beryllerde in Lösung, die seltenen Erden bleiben mit Titansäure gemengt zurück. Durch anhaltendes Digeriren mit Ammoniumoxalat geht die Zirkonerde (nebst Titan-

säure) in Lösung, sie wird nach dem Verdampfen der Solution, Behandeln mit Schwefelsäure und Zink durch die Bräunung von Curcumapapier nachgewiesen. Die in Ammoniakoxalat unlöslichen Oxalate des Cers, Yttriums und der Thorerde werden durch Glühen in Oxyde übergeführt, wie oben beschrieben, durch Kaliumsulfat getrennt und dann durch Specialreactionen festgestellt. Es ist überhaupt nothwendig, dass sämmtliche seltene Erden, seien sie auf die eine oder andere Weise isolirt, noch durch Einzelreactionen geprüft werden, um jeder etwaigen Täuschung, die namentlich durch im Ueberschusse vorhandene Titansäure hervorgerufen werden kann, zu entgehen.